J. W. Leidicke
Diss. Breslau
1903

Aus dem Königl. Botanischen Garten der Universität Breslau.

Beiträge zur Embryologie von Tropaeolum majus.

Inaugural-Dissertation,

welche

nebst den beigefügten Thesen

mit Genehmigung

der hohen philosophischen Fakultät der Kgl. Universität Breslau

zur Erlangung

der philosophischen Doktorwürde

am

Dienstag, den 10. März 1903, vorm. 11 Uhr

in der Aula Leopoldina

öffentlich verteidigen wird

Johann Wilhelm Leidicke.

Opponenten:

Wolfgang Limpricht, Dr. phil.
Assistent am Königl. bot. Garten zu Breslau.

Alfred Knauf, Dr. phil.

BRESLAU.
F. W. Jungfers Buchdruckerei, Harrasgasse 2.
1903.

Meiner Mutter!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548226_0040

I. Historische Übersicht.

Mit der Embryologie von Tropaeolum majus haben sich schon in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts mehrere Forscher beschäftigt, so Wilson,[1]) Schleiden,[2]) Brongniart,[3]) Girandell[4]) und Hofmeister.[5]) Obwohl von ihnen wichtige Einzelheiten in Bezug auf Bau und Entwickelung des Samens gefunden wurden, versuchte doch erst Hermann Schacht[6]) im Jahre 1855 eine ausführliche Entwickelungsgeschichte der Keimanlage zu geben. Man muss, wie Brunotte[7]) richtig bemerkt, die Exaktheit und den Scharfsinn dieses Forschers bewundern, zumal wenn man berücksichtigt, mit welchen im Vergleich zur heutigen Zeit minderwertigen Hilfsmitteln derselbe arbeiten musste.

---

[1]) Wilson, On the Embryo of Tropaeolum majus. London journal of Botany 1843. vol. II. p. 623.

[2]) Schleiden, N. A. Acad. Cur. Leop tom. XIX. tab VIII. Fig. 126.

[3]) Brongniart, Memoire sur la génération et la développement de l'embryon. (Annales des Sciences naturelles, t. XII pl. 44.)

[4]) Girandell, nach Brunotte, Récherches embryogeniques et anatomiques sur quelques espèces des genres Impatiens et Tropaeolum Paris et Nancy 1900. p. 142.

[5]) Hofmeister, Die Entstehung des Embryo. Leipzig 1849.

[6]) Hermann Schacht, Über die Entstehung des Keimes von Tropaeolum majus. Bot. Zeitung 1855. p. 641.

[7]) Brunotte, a. a. O. p. 141.

Mit wesentlich vollkommeneren Mitteln hat dann im Jahre 1878 Hegelmaier[1]) seine Entwickelungsgeschichte ausgearbeitet, indem er die Untersuchungen Schachts prüfte, verbesserte und weiter ausführte. Somit war nach Erscheinen der Hegelmaier schen Arbeit die Entwickelungsgeschichte des Keimes von Tropaeolum majus hinreichend bekannt.

In England war bereits im Jahre 1876 eine Arbeit von Alexander Dickson[2]) über drei Arten von Tropaeolum (Tr. majus, Tr. peregrinum und Tr. speciosum) veröffentlicht worden, in der in Bezug auf die Entwickelung der Schenkel des Embryoträgers von Tropaeolum majus wichtige Punkte festgestellt wurden. Hätte Hegelmaier diese Abhandlung gekannt, so würde er in der Beobachtung der Tatsachen vor nicht unbedeutenden Irrtümern bewahrt worden sein.

Eine zusammenfassende Arbeit über Tropaeolum majus erschien endlich 1893. Der Verfasser, Georg Kayser,[3]) bietet im ersten Teile eine erschöpfende geschichtliche Übersicht, während im zweiten Teile die Samenschale eingehend behandelt wird. Die Ergebnisse, zu denen Kayser kam, fanden dann kürzlich Aufnahme in der monographischen Bearbeitung der Familie durch Fr. Buchenau.[4])

---

[1]) Hegelmaier, Vergleichende Untersuchungen über Entwickelung dicotyledoner Keime. Stuttgart. 1878. p. 156—176.

[2]) Alexander Dickson, On the embryogeny of Tropaeolum peregrinum and Tr. speciosum. Transactions of the Royal society of Edinburgh. Vol. XXVII. 1876. p. 223—231.

[3]) Georg Kayser, Beiträge zur Kenntnis der Entwickelungsgeschichte der Samen. Jahrb. für wissensch Bot. XXV. Berlin 1893.

[4]) Fr. Buchenau, Tropaeolaceae, in »Das Pflanzenreich«. 10. Heft. Leipzig 1902 p. 8 u 9

Im Folgenden sei nach einigen morphologischen und anatomischen Betrachtungen des Samens von Tropaeolum majus die Entwickelungsgeschichte des Embryos kurz recapituliert und in Einzelheiten richtig gestellt, um alsdann der Funktion des Schenkelsystems näher zu treten, da bisher hierüber nur Vermutungen bestehen, die zum Teil offenbar falsch sind oder jeglichen Beweises ermangeln.

II. Bau der Frucht und des Samens.

A. Bau des Gynoeceums.

Die Familie der Tropaeolaceen, deren morphologische Verhältnisse von Buchenau[1]) eingehend behandelt wurden, weicht insofern von dem gewöhnlichen Typus der Geraniales ab, als sie bei Oligomerie des Androeceums — es sind bekanntlich nur 8 Glieder entwickelt — 3 Karpelle besitzt, die eine unvollkommene Syncarpie bilden. Die Symmetrieebene des Gynoeceums fällt nicht zusammen mit der die Blüte symmetrisch halbierenden Mediane. Man könnte dasjenige Gewebe, das die drei Fruchtblätter miteinander verbindet, als eine stark verschmälerte Fortsetzung der Blütenachse betrachten. Es wird von stärkehaltigem Leitparenchym gebildet. Daran lehnen sich auch die drei verwachsenen Griffel. Bei der Reife fallen die drei Teilfrüchte einzeln ab.

Jedes Fruchtknotenfach umschliesst eine einzige hängende Samenanlage von anatropem Bau und mit ventraler Raphe versehen, sie füllt die Fruchtknotenhöhle fast vollständig aus. In dieser Form ist die

[1]) Fr. Buchenau, Tropaeolaceae, in »Das Pflanzenreich«, 10. Heft. Leipzig 1902. p. 8 u. 9.

Lage und Stellung der Samenanlage eindeutig bestimmt, und es bedarf nicht des etwas unklaren Begriffs »apotrop anatrop«, den Buchenau[1]) und andere in Anwendung bringen.

B. Fruchtschale.

a) Morphologischer Bau der Fruchtschale.

Die Fruchtschale besitzt 5 bis 7 Längsriefen, unter denen je ein Gefässbündel verläuft. Aus dem Fruchtstiel treten 3 Gefässbündel in die Fruchtschale ein.

Der eine Strang steigt unter der Placenta aufwärts, wendet sich dann plötzlich in einem ungefähr rechten Winkel nach dem Hilus des Samens hin und tritt durch denselben in die Samenschale ein. Er biegt sofort wieder abwärts und verläuft in der Samenschale sich bald bogenförmig nach oben wendend, um schliesslich an der dorsalen Seite des Samens zu endigen, in späteren Stadien etwa in halber Höhe.

Ein zweiter viel schwächerer Strang, der häufig sogar fehlt, kann als eine Abzweigung des ersten betrachtet werden, da er mit diesem zugleich in die Fruchtschale eintritt, dann aber annähernd parallel demselben in der Placenta aufsteigt, um dann an der Ansatzstelle der Griffel zu endigen.

Das dritte Gefässbündel tritt zugleich mit den beiden anderen Strängen in die Fruchtschale ein, biegt aber sofort nach abwärts, teilt sich in eine den Riefen entsprechende Zahl von Einzelsträngen, welche an der Aussenwand des Fruchtknotenfaches nach aufwärts steigen; sie stehen untereinander durch

[1]) Buchenau, in »Das Pflanzenreich« a. a. O. p. 8.

Anastomosen in Verbindung und treiben ferner nach dem Innern der Fruchtschale kurze Äste.

Auf diese Weise ist die Fruchtschale mit einem vorzüglich verteilten Leitungssystem versehen, das seiner Aufgabe einer reichlichen Stoffzufuhr gerecht werden kann. In normalen Fällen wird freilich Stärke in der Fruchtschale durch Assimilation selbst gebildet, da die äusseren Zellschichten des Mesocarps sehr reich an Chlorophyll sich erweisen. Vor der Reife verschwindet das Chlorophyll aus der Fruchtschale ganz, der Same verfärbt sich von Grün in Gelbbraun.

Wird in jungen Früchten die Assimilation durch Lichtabschluss verhindert, so erfolgt durch das Leitungsgewebe eine Zufuhr von Kohlehydraten in die Fruchtschale ganz unabhängig von der Assimilation; auch dann enthalten die Zellen des Parenchyms Stärke.

Um dies nachzuweisen, hüllte ich eine Anzahl junger Früchte in schwarzes Papier ein, so dass die Früchte wie in einer Dunkelkammer vollständig dem Lichte entzogen waren. Schon längere Zeit vor der Reife des Samens waren diese Früchte ebenso reichlich mit Stärke erfüllt wie diejenigen, welche dem Lichte ausgesetzt waren. Da das Chlorophyll bei dem vollständigen Mangel an Licht ausser Tätigkeit geblieben war, muss die Speicherung auf andere Weise, nämlich durch Zuleitung, erfolgt sein.

b) Anatomischer Bau der Fruchtschale.

Verhältnismässig recht wenig bekannt ist der anatomische Bau der Fruchtschale von Tropaeolum. Einige wenige Worte hierüber finden sich in der Dissertation von Gustav Magnus.[1])

[1]) G. Magnus, Beiträge zur Anatomie der Tropaeolaceen. Diss. Heidelberg 1898, p. 47–48.

Die Epidermis zeigt in der Flächenansicht polygonale Zellen, deren Längsrichtung mit der Längsachse der Frucht zusammenfällt. Im Querschnitt sind die Epidermiszellen nahezu rechteckig Die Verdickung der Zellenwände erscheint nicht, wie Magnus sagt, gleichmässig, sondern es sind nur die tangentialen Wände verdickt, die radialen sind auffallend dünn.

Die Epidermis wird von einer dicken Cuticula überzogen, die eine wellenartige Streifung zeigt. Diese letztere wird durch Verdickungsleisten hervorgerufen, die in der Längsrichtung der Epidermiszellen und somit in der Längsrichtung der Fruchtschale verlaufen.

Unter der Epidermis liegen zunächst 3 bis 4 Zelllagen schwach collenchymatisch verdickter Zellen von fast kugliger Gestalt. Diejenigen von ihnen, welche die Atemhöhle begrenzen, sind mit schrägen, länglichen Tüpfeln versehen, welche den übrigen Zellen dieser Collenchymschicht fehlen.

Die Zahl der Spaltöffnungen, die im übrigen einen normalen Bau zeigen, ist sehr gross. Die Schliesszellen sind bedeutend kleiner als die Epidermiszellen und liegen, wie Magnus [1]) richtig festgestellt hat, schwach eingesenkt.

Unter den collenchymatischen Zellen liegt das übrige Mesocarp; es besteht aus ungefähr 15 bis 20 Schichten parenchymatischer Zellen. Ihre Form ist sehr unregelmässig. Ein grosser Teil derselben zeigt eine radiale Längsrichtung. Die Wände sind dünn. Zwischen ihnen finden sich häufig kleine Intercellularen.

[1]) G. Magnus, a. a. O p 43.

Zwischen diesen Zellschichten verlaufen auch die Gefässbündel, deren Verteilung bereits oben (S. 8) beschrieben wurde. Die wasserleitenden Elemente sind Tracheiden.

In dem placentaren Gefässbündel werden Xylem und Phloem durch ein dazwischen liegendes Parenchym weit voneinander getrennt. Auf dem Querschnitt sieht man dann die kreisförmig umgrenzte Gruppe des Phloems von den verholzten Elementen des Xylems durch ein zartwandiges, aber immerhin grosszelliges Parenchym getrennt. Das Cambium ist nur andeutungsweise entwickelt, indem es an den wenigen tangentialen Zellteilungen, die in der unmittelbar dem Phloem angrenzenden Schicht erfolgen, kenntlich wird.

Das dritte Gefässbündel tritt, wie bereits erwähnt, mit den beiden placentaren zugleich in die Fruchtschale ein, um sich in ebensoviele Einzelstränge zu teilen, als die Frucht Riefen besitzt. Diese Bündel zeigen einen noch auffälligeren Bau als der grosse placentare Strang. Sie sind wie die axilen Stränge vieler Wasserpflanzen gebaut. Ihre Anordnung ist konzentrisch, und zwar liegt das Xylem im Zentrum, während mehrere Phloemstränge peripherisch um dasselbe gelagert erscheinen. Zwischen Xylem und Phloem befindet sich eine starke Lage von Parenchym, das viel Stärke enthält. Es umgibt das Xylem wie ein Hohlzylinder und trennt die einzelnen Phloemstränge voneinander.

Besonders auffallend erscheinen grosse Intercellularen in diesem Parenchym; sie liegen im Querschnitt durch das Gefässbündel in geringer Anzahl im parenchymatischen Gewebe zerstreut und gleichen an Grösse ungefähr den Parenchymzellen selbst. Nach

Jodfärbung treten sie als helle Lücken zwischen dem tiefblau gefärbten stärkehaltigen Parenchym besonders hervor.

Während der Entwickelung des Embryos wird in fast allen Zellen des Mesocarps sehr reichlich Stärke gespeichert. Die 4—5 innersten Zellschichten des Mesocarps zeigen ungleich geringere Mengen gespeicherter Stärke als die Schichten, welche den Gefässbündeln direkt anliegen.

Wenn man die Fruchtschale zerkaut, empfindet man einen senfartigen Geschmack, wie er auch dem Stengel und den Blättern von Tropaeolum eigentümlich ist. Dieser Geschmack rührt von dem Myrosingehalt der Pflanze her, der sich in sogenannten »Eiweissschläuchen« findet. Das Myrosin spaltet das myronsaure Kalium in charakteristischer Weise, wobei Senföl entsteht, das eben den scharfen Geschmack bedingt. Im Mesocarp liegen nun besonders in der Placenta und dem Funiculus zerstreut solche secernirenden Zellen, die einen feinen, körnigen Inhalt besitzen und in ihrem Bau vollkommen den Zellen des Samens gleichen, die Spatzier[1]) als Myrosinzellen beschrieben und abgebildet hat

Das Endocarp besteht aus tangential gestreckten, etwas verdickten Zellen, in denen erst sehr spät, etwa zur Zeit der völligen Entwickelung des dorsalen Schenkels, wenig Stärke gespeichert wird.

C. Samenschale.

a) Morphologischer Bau der Samenschale.

Die Samenanlage besitzt zwei Integumente. Der obere Teil des Embryosackes ist mit einer proteïn-

[1]) Spatzier, Über das Auftreten und die physiologische Bedeutung des Myrosins in der Pflanze. Pringsheims Jahrb. für wiss. Bot. XXV. Berlin 1893. p. 71. Taf. III f. 7.

haltigen, dicken Flüssigkeit erfüllt, die Hegelmaier[1]) sehr richtig in folgender Weise beschreibt: »— dass an Stelle der zuvor endogenen Bildung sich kurz nach der Befruchtung in dem Scheitel des Keimsackes eine umfängliche, nicht in allen Fällen gleich umgrenzte, namentlich an ihrem inneren Ende sich ohne scharfen Kontur verlierende Masse trüber, körniger, undurchsichtiger Substanz findet, welche die Eizelle während ihrer ersten Teilungen einschliesst und daher sogar diese, die ohnehin äusserst rasch erfolgen, schwierig verfolgbar macht. Jene einhüllende Masse wird, indem sie wohl für die Zwecke des Wachstums des Vorkeims in dessen erster Jugend verwendet wird, von innen her allmählich resorbiert und in einen den Vorkeim locker umschliessenden, unregelmässig gestalteten, sich mehr und mehr verdünnenden Sack verwandelt, welcher schliesslich vollends aufgelöst wird«.

Inzwischen hat sich in dem weiten Bauche des Embryosackes nur wenig Endosperm gebildet, das dem Auge wie eine Schicht grosser, freier Zellen mit mächtigen Zellkernen erscheint. Zugleich mit der Entwickelung des Embryos schwindet es und zwar so, dass nichts mehr von ihm vorhanden ist, sobald die beiden Cotyledonen des vorher freihängenden Embryos die Wand des Embryosackes berühren. Wir haben es hier also mit einem stark reduzierten Endosperm zu tun, das lange vor der Reife des Embryos vollständig resorbiert wird.

Die beiden Integumente sind nur an der Micropyle deutlich zu erkennen, weil sie weiter abwärts miteinander verschmolzen sind. Die Spitze des

[1]) Hegelmaier, Vergleichende Untersuchungen über Entwickelung dicotyledoner Keime. Stuttgart 1878. p. 157.

inneren Integumentes liegt frei und mit der der äusseren in gleicher Höhe.

Hofmeister[1]) weist schon auf die ausserordentliche Ausdehnung des Chalazateiles hin und glaubt, dass sie die Ursache der geringen Sonderung der Integumente ist. Lassen sich aber die Integumente auch morphologisch nicht voneinander trennen, so gelingt die Unterscheidung zweier Schichten auf Grund anatomischer Differenzen, zweier Schichten, welche etwa den beiden Integumenten entsprechen möchten.

Wenn man nämlich das durch den Hilus in die Samenschale eintretende Gefässbündel verfolgt, dann findet man, dass seine Endigung zwischen den beiden Integumenten der dorsalen Seite etwa in der Höhe des Chalazaendes stattfindet. Wenn ferner einige Zeit nach der Befruchtung in der Samenschale Nährstoffe gespeichert werden, dann lassen sich auf der dorsalen Seite der Samenschale bis an deren Grund hin zwei Schichten, die ungefähr den beiden Integumenten entsprechen, deutlich erkennen und zwar dadurch, dass in der inneren Schicht Eiweissstoffe, in der äusseren nur Stärke gespeichert wird. Anders ist es auf der ventralen Seite, wo das Gefässbündel in der Raphe verläuft und hier auf der äusseren Seite der Raphe nur Stärke, auf der inneren, die einen Teil der Raphe und die beiden verschmolzenen Integumente in sich begreift, nur Eiweissstoffe abgelagert werden.

b) Anatomischer Bau der Samenschale.

Der erste, der die Samenschale von Tropaeolum ausführlich behandelte, war Holfert.[2]) Einige Jahre

[1]) Hofmeister, a. a. O. p. 17.

[2]) Holfert, Die Nährschicht d. Samenschale. Flora 1890. p 299.

später hat sich Kayser[1]) eingehend mit der Entwickelung der Samenschale beschäftigt, in dem Bestreben, die Lücken der Holfertschen Arbeit auszufüllen. Magnus[2]) erwähnt keine der beiden angeführten Abhandlungen und begnügt sich damit, mit einigen Zeilen die Samenschale zu beschreiben.

Ich kann die Beobachtungen Kaysers im grossen und ganzen nur bestätigen. Die Samenschale geht hervor aus den beiden Integumenten, deren jedes mehrschichtig ist. Kurz vor der Befruchtung sind die Zellen des inneren Integumentes, doch nur im oberen Teile, mit kleinen Stärkekörnern erfüllt, die bald nach der Befruchtung der Eizelle dem wachsenden Embryo zur Nahrung dienen. Die zarten Zellen des oberen Teiles der Samenschale erfahren keine bedeutende Vermehrung; doch beginnen sie bald sich in die Länge zu strecken, und zwar auf der dorsalen Seite der Samenschale parallel der Richtung der Samenanlage, auf der ventralen Seite schräg zu derselben. Trotz der Streckung dieser Zellen erweitert sich doch der obere Teil der Keimhöhle bedeutend und zwar durch Resorption der dieselbe begrenzenden Zellen. Dies hat schon im Jahre 1839 Schleiden richtig erkannt, dass nämlich infolge der Erweiterung des Embryosackes der obere Teil des dorsalen inneren Integumentes frühzeitig resorbiert wird.

Ausserdem haben die Zellen dieses Teiles der Samenschale eine verschiedene Teilungsfähigkeit, d. h., wie Kayser sich ausdrückt, an verschiedenen

---

[1]) Kayser, a. a. O. p. 133—141.

[2]) Magnus, a a. O. p 48.

Stellen erlischt die Teilungsfähigkeit verschieden früh. Auf diese Weise entstehen im Halse der Samenschale Buchten und Erhebungen. Die Erhebungen engen den oberen Teil der Keimhöhle an einzelnen Stellen ganz bedeutend ein. In diesem engen, durch die Buchten unterbrochenen Kanale verläuft der aus zartem Gewebe bestehende Suspensor, der dadurch einen wirksamen mechanischen Halt bekommt, der freilich nur in jungen Stadien des Embryos nötig erscheint.

Es ist nun bemerkenswert, dass die Samenschale ihre ursprüngliche vertikale Richtung nur kurze Zeit beibehält, ungefähr bis zur Bildung der Buchten und Protuberanzen. Alsdann beginnt sie sich zu krümmen, allerdings nur im oberen Teile; derselbe wird durch die bedeutende Vergrösserung des unteren Teiles der Samenschale gleichsam zusammengedrückt und nimmt allmählich eine fast horizontale Lage an, wobei zugleich die Zellen des obersten Teiles nach und nach zusammenschrumpfen, so dass gegen die Zeit der Reife hin fast nichts mehr übrig geblieben ist vom oberen Teile der Samenschale als die letzte Protuberanz, deren Zellen am längsten die Teilungsfähigkeit beibehalten hatten. Diese letzte Protuberanz schliesst die eigentliche Keimhöhle mit dem Embryo ab.

Da nun der über der letzten Protuberanz gelegene Teil der Samenschale zusammengedrückt und obliteriert, die Mikropyle längst geschwunden ist, so hält es Kayser für angebracht, den engen Kanal der letzten Protuberanz die »sekundäre« Mikropyle zu nennen. Kayser vergleicht ferner diese eigenartige Tatsache der Abschnürung des oberen Teiles

der Keimhöhle mit dem von Hegelmaier[1]) für Linumarten festgestellten, umgekehrten Verhalten. Hier wird nämlich der untere Teil des Keimsackes abgeschnürt.

Der untere Teil der Samenschale mit dem Chalazateile zeigt einen sehr einfachen Bau. Er besteht aus 15 bis 18 Zellschichten. Die einzelnen Zellen sind klein, dünnwandig und fast kubisch. Die Epidermis unterscheidet sich nur wenig von den übrigen Zellschichten, hauptsächlich wohl durch ihre Inhaltsarmut.

Sobald die Speicherung von plastischen Stoffen in der Samenschale stattfindet, lassen sich zwei Teile deutlich unterscheiden: der eine umfasst die 6 bis 8 äusseren Zellschichten, in welchen nur Stärke gespeichert wird; der andere Teil die inneren Zellschichten, die sich mit Proteinstoffen füllen Allmählich werden die einzelnen Zellschichten von innen her resorbiert. Zur Zeit der Reife sind nur die letzten 3 bis 4 Zellschichten mit der Epidermis übrig geblieben. Diese zusammen bilden die Testa. Ihr Stärkegehalt ist geschwunden; an seine Stelle ist ein bräunlicher Farbstoff getreten. Kayser glaubt, dass das Schwinden der Stärke mit der Bildung des Farbstoffes in enger Beziehung steht. Jedenfalls bildet sich der intensiv bräunliche Farbstoff dem Schwinden der Stärke reciprok, während die Zellwände als stark lichtbrechende Membranen hervortreten. Wie Kayser richtig hervorhebt, ist die Färbung des Inhaltes besonders in älteren Stadien nicht in allen Zellen gleich; so finden sich neben fast schwarz gefärbten Zellen

[1]) Hegelmaier, Über partielle Abschnürung und Obliteration des Keimsackes. Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft 1891. p. 257. Taf. XV.

sehr farbstoffarme. Der Inhalt der Epidermis bleibt nun farblos.

Die Verzweigung des Gefässbündels im unteren Teile der Samenschale hat Kayser[1]) genau verfolgt und in klarer Weise dargestellt. Er gibt an, dass während der Zeit, innerhalb deren die Ausbildung der sekundären Mikropyle stattfindet, sich ungefähr in gleicher Höhe vom absteigenden Raphestrange in horizontaler Richtung nach rechts und links je ein Seitenbündel abzweigt. Dadurch, dass diese Abzweigungen, der Aussenkontur der Anlage folgend, weiter wachsen bis etwa gegen das Ende des aufsteigenden Raphebündels, nähern sie sich zangenartig einander, um sich schliesslich zu einem horizontalen Bündelringe zusammenzuschliessen. Der unter diesem Bündelringe befindliche Teil der Chalaza wird nun von feineren Bündelchen durchzogen, die sich von dem Bündelringe abzweigen. Schliesslich stehen die einzelnen zarten Stränge noch durch Anastomosen aus wenigen Tracheiden und dünnwandigen Elementen in Verbindung. Hieraus ergibt sich, dass die Verteilung der Gefässbündel in der Samenschale eine ganz ausgezeichnete ist, die durchaus der Aufgabe einer sehr reichlichen Speicherung von Nährstoffen entspricht. Der ganze komplizierte Gefässbündelverlauf, wie ihn Kayser festgestellt hat, erinnert sehr an die Verteilung der Riefenbündel in der Fruchtschale, die ebenso reich verzweigt das ganze Gewebe durchziehen; nur verlaufen die einzelnen Stränge in der Fruchtschale nach verschiedenen Richtungen, sie senden auch noch Abzweigungen nach dem Inneren der Fruchtschale zu, während die Bündel des Raphe-

[1]) Kayser, a. a. O. p. 140.

bündelringes stets nur in gleicher Entfernung von der Samenepidermis verlaufen.

c) Anatomischer Bau des ausgebildeten Samens.

Vor der Reifezeit verschwindet der Embryoträger mit seinem Schenkelsystem; es ist im reifen Samen von ihm kaum noch etwas zu beobachten als Spuren völlig obliterierten Gewebes. So liegt also unter der Testa jetzt der Embryo mit seinen grossen, fleischigen Cotyledonen, die zwischen sich die Plumula bergen, während die Radicula nach oben gerichtet erscheint.

Die Plumula enthält bereits mehrere Blattanlagen, die sich in noch unentwickeltem Zustande befinden.

Die Cotyledonen besitzen die Gestalt einer länglichen Halbkugel; in ganz jungen Stadien erscheinen sie gestielt, später füllen sie die ganze Samenhöhle aus und berühren sich mit ihren Innenflächen; sie zeigen dann ein völlig ungestieltes Aussehen.

Meine Befunde in Bezug auf das Cotyledonargewebe stimmen in der Hauptsache mit den Angaben von Reiss[1]) und Magnus[2]) überein. Ein klares Bild vom Bau der Cotyledonen erhält man auf einem Querschnitt durch den reifen Samen.

Die stark verdickten Zellen sind isodiametrisch, Ihre Wände sind von zahlreichen Tüpfeln durchzogen. Dort, wo je drei Zellen aneinanderstossen, findet sich stets ein Intercellularraum. Reiss irrt sich in der Anzahl der Tüpfel, indem er sagt: »Je zwei benachbarte Zellen stehen durch einen oder zwei Tüpfel

[1]) Reiss, Über die Natur der Reservecellulose und über ihre Auflösungsweise bei der Keimung von Samen.
Landw. Jahrbücher XVIII 1889 Heft 4—45. p. 734.

[2]) Magnus, a a O. p. 49

miteinander in Verbindung.« Ihn hat bereits Magnus in diesem Punkte widerlegt.

Der Zellinhalt der reifen Cotyledonen bildet eine bräunliche Masse, die aus einem Gemisch von Öl und Proteinstoffen besteht. Magnus fand bereits nach Extrahieren des Öles mittels Xylol, bei Behandlung mit Alkohol und Wasser, das Zelllumen von einem zusammenhängenden Netzwerk erfüllt. Bei näherer Betrachtung ergibt sich, dass es Aleuronkörner sind, die sich zu fünf- bis sechseckigen Körpern gegenseitig abgeplattet haben. Das Krystalloid tritt besonders nach Quellung der Grundsubstanz in Wasser als stark lichtbrechender Körper hervor. Während innerhalb der Entwickelungsperiode des Embryos die Zellen der Cotyledonen fast ausschliesslich mit Stärke erfüllt sind, finden sich in den reifen Cotyledonen sonderbarerweise nur sehr geringe Stärkemengen vor. An Stelle der Stärke ist eben fettes Öl getreten.

D. Der Embryo.

Um den Embryo mit seinem kompliziert gebauten Träger näher kennen zu lernen, sei eine kurze morphologische Betrachtung vorausgeschickt.

Der Embryoträger erscheint bei Tropaeolum knotig verdickt und verlängert sich ferner zu einem fadenartigen Gebilde, das an seiner Spitze den Embryo selbst trägt. Aus dem Knoten aber entspringen zwei lange Äste, deren einer aus dem Samen heraustritt und an dessen Oberfläche längs der dorsalen Seite herunterwächst, während der zweite Schenkel in das Gewebe der Placenta eindringt.

Wenn man das Schenkelsystem herauspräparieren will, verfährt man am besten folgendermassen. Man

nimmt eine Frucht aus dem mittleren Entwickelungsstadium zwischen beide Zeigefinger und Daumen und reisst die Fruchtschale an der dorsalen Seite auseinander. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass Samenschale und der an ihr festhaftende dorsale Schenkel nicht, wie es bei Anwendung eines Messers leicht geschehen kann, verletzt werden. Jetzt kann man den Schenkelknoten vermittels einer Pincette mit Leichtigkeit aus der Samenschale herausziehen.

Wenn das Stadium jung genug ist, wird es gelingen, den noch kurzen placentaren Schenkel mit dem Träger, an dessen Ende der junge Embryo, noch kaum vom Träger unterscheidbar, sich befindet, und den dorsalen Schenkel unversehrt herauszunehmen.

Wir sehen, dass der dorsale Schenkel schon eine bedeutende Länge, von etwa 4 bis 5 mm, erreicht hat, etwa die Hälfte seiner ausgebildeten Länge. Der Embryoträger hat dann schon ungefähr seine definitive Grösse, die etwa 3 bis 4 mm beträgt, während der placentare Schenkel noch ganz unbedeutend verlängert erscheint. Er erinnert in der Tat, wie Hegelmaier[1]) sagt, mit dem Schenkelknoten an einen kurz geschnäbelten Vogelkopf. Der dorsale Schenkel zeichnet sich sowohl durch seine Länge als durch seine Dicke aus. Er ist etwa doppelt so stark wie der placentare Schenkel, während der Träger einen auffallend dünnen Faden darstellt. Bemerkenswert ist die eigentümliche Form der beiden Schenkelspitzen; man könnte sie eine Bohrform nennen oder sie einem stumpfen Keile vergleichen.

Das ganze Schenkelgebilde zeigt ein glashelles Aussehen.

[1]) Hegelmaier, a. a. O. p. 162.

III. Entwickelungsgeschichte.

A. Der Vorkeim.

Die ersten Teilungen der Eizelle habe ich nicht beobachtet, da eine solche Untersuchung ausserhalb des Rahmens dieser Arbeit lag. In Bezug auf die Entwickelung des Vorkeims stimme ich in allen Fällen, die ich selbst beobachtet, mit Hegelmaiers Angaben überein. Im Folgenden sei die Entwickelungsgeschichte des Vorkeims kurz zusammengefasst, es soll sodann die Entwickelung des Schenkelsystems verfolgt werden, wobei einzelne Angaben von Schacht und Hegelmaier richtig zu stellen und eigene Beobachtungen hinzuzufügen sein werden.

Die erste Teilung der Eizelle ist nach Hegelmaier[1]), die gewöhnliche quere, was schon Schacht[2]) gezeigt hatte; sodann teilt sich die basale grössere Zelle longitudinal. Diese Tatsache, von Schacht zuerst festgestellt, hat Hegelmaier zwar selbst nicht beobachtet, doch hält er sie für richtig, wie es sich aus späteren Stadien ergibt. Jetzt teilt sich auch die apicale Zelle und zwar nicht nur longitudinal, sondern auch quer. Hegelmaier hebt sehr richtig hervor, dass bereits von den ersten Teilungen an eine Differenzierung sich geltend macht. Die Eizelle gliedert sich nicht etwa in Keimträger und Keimanlage, sondern in Keim samt dem schmalen zylindrischen Teil des Keimträgers einerseits und den dicken Teil des Keimträgers mit seinen beiden Auswüchsen andererseits.

[1]) Hegelmaier, Vergleichende Untersuchungen über Entwickelung dicotyledoner Keime Stuttgart 1878 p. 156—176.

[2]) Hermann Schacht, Über die Entstehung des Keimes von Tropaeolum majus. Bot Zeitung 1855. p. 641 u f.

In dem zuletzt geschilderten Stadium besteht der basale Teil des Vorkeims aus drei Stockwerken, von denen das der Mikropyle zunächst gelegene nur sparsame Teilungen erfährt und zwar meist durch eine der ersten longitudinalen schief angesetzte Wand, welche das äusserste, in den Scheitel des Keimsackes hineinragende Stück abschneidet. So entsteht ein kleiner, aus einer mässigen Zahl von Zellen gebildeter Zellkomplex, das Basaltstück des Vorkeims, mit welchem sich dieser in der Spitze des Embryosackes einkeilt, und das bald von mehr abgerundeter, bald von etwas zugespitzter Form erscheint. Die beiden anderen Stockwerke wachsen stärker in die Quere und verleihen so dem Vorkeim eine bauchige Gestalt.

Durch zwei verschiedene Längsteilungen und eine entsprechende Querteilung vergrössert sich der Zellkomplex nach den drei Richtungen des Raumes. Da der ganze mehrstöckige Zellkomplex überwiegend in der Richtung des Medianschnittes der Samenanlage in die Quere wächst, bildet er einen flachgedrückten Körper mit abgerundeten Seitenrändern. Die Asymmetrie des Vorkeims wird noch bedeutend erhöht dadurch, dass sich sowohl der placentare als besonders der dorsale Teil stärker wölben, wodurch das Hervorwachsen der beiden Schenkel eingeleitet wird.

Die Weiterbildung dieser Anhänge ist das Produkt eines eigentümlichen Wachstumsvorganges, bei welchem das lokalisierte quere Wachstum unmerklich in ein Scheitelwachstum zweier an den bezüglichen Stellen sich hervorschiebenden lokalen Wucherungen übergeführt wird.

Die äussere Zellschicht des Vorkeimgebildes vergleicht Hegelmaier[1]) mit einem Dermatogen, in-

[1]) Hegelmaier, a. a. O. p. 161.

dem die Zellen dieser Schicht bei dem Wachstum der beiden Fortsätze der Vermehrung der Innenzellen durch blosse Teilung in der Flächenrichtung folgen. Die sich quer teilenden Innenzellen ordnen sich nunmehr bezüglich ihres Verhältnisses zur Wachstumsrichtung der Fortsätze zu longitudinalen Reihen an. Es treten also jetzt nur noch Querteilungen in den Schenkeln auf. Am Scheitel gipfelt das Innengewebe mit wenigen — in dem stumpfen dorsalen Fortsatz im optischen Längsschnitt gewöhnlich drei, in dem placentaren ein bis zwei — Zellen. Da bei beiden Fortsätzen das Scheitelwachstum nur kurze Zeit dauert, so erreichen beide ihre beträchtliche Länge mehr durch Streckung der Zellen als durch Vermehrung derselben.

B. Der dorsale Schenkel.

Auch die scheitelständige Gruppe des äusseren Schenkels fängt sehr frühzeitig an, sich in die Länge zu strecken, so dass die Spitze eine stumpfe Dornform annimmt. Der äussere Schenkel durchbricht die Samenschale in schiefer Richtung. Schacht[1]) gibt an, dass der äussere Schenkel durch den Embryosack und die Samenschale dringe, indem er das Gewebe resorbiere, während Hegelmaier glaubt, dass die bohrförmige Spitze in mechanischer Weise die Samenschale durchbreche. Nach meinen eigenen Untersuchungen liegen die Verhältnisse folgendermassen.

Der dorsale Schenkel bleibt im Embryosack, bis er eine Länge von etwa einem Millimeter erreicht hat; dann beginnt er in die Samenschale einzudringen. Er bildet mit derselben einen sehr spitzen Winkel. Wenn er die Samenschale in mechanischer Weise,

[1]) Schacht, a. a. O. p. 641.

wie Hegelmaier glaubt, durchbräche, müsste er währenddessen bedeutend in die Länge wachsen und sich nahezu senkrecht zur Samenschale stellen. Beides ist nicht der Fall. Es gelang ausserdem, Schnitte herzustellen, an denen die Zellwände zum Teil bis zur Hälfte aufgelöst waren, während, wie später in der Fruchtschale, die Spitze des Schenkels mit bräunlichen Resten bedeckt war. Daraus geht hervor, dass der Schenkel mittels eines zellhautlösenden Enzyms die Zellen der Samenschale resorbiert.

Wahrscheinlich wird das eben erwähnte Enzym überhaupt nicht weitergebildet, sobald der Schenkel in die Fruchtknotenhöhle gelangt ist, wo er dessen nicht mehr bedarf, bis er schliesslich bei einer bestimmten Länge in die Fruchtschale eindringt. Krabbe[1]) z. B. gelangte auch zu der Ansicht, dass das Ferment am Orte seiner Wirksamkeit gebildet wird. Das erscheint im vorliegenden Falle tatsächlich zuzutreffen; denn in einem normalen Falle gelangt der Schenkel, sobald er die Samenschale durchbrochen hat, ohne Schwierigkeit bis auf den Grund der Fruchthöhle; er bedarf also des Enzyms erst dann wieder, wenn er in die Fruchtschale eindringen soll.

Hieraus erklären sich sehr wohl auch die mitunter vorkommenden Krümmungen des Schenkels; er ist eben ohne die Wirkung des Enzyms nicht imstande, die Unebenheiten des Endocarps zu beseitigen und wird so gezwungen, das Hindernis zu umgehen. Es kommt sogar vor, dass er sich vollständig umwendet und wieder rückwärts läuft, wenn er die

[1]) Krabbe, Untersuchungen über das Diastaseferment unter spezieller Berücksichtigung seiner Wirkung auf Stärkekörner innerhalb der Pflanze. Jahrbücher für wissensch. Botanik. XXI. Berlin 1890. p. 590.

Unebenheiten nicht überwinden kann. Er war dann weder in die Samen-, noch in die Fruchtschale eingedrungen, bis er bei einer bestimmten Länge, wo die Spitze gerade sich befand, das Endocarp durchbrach.

Schacht und Hegelmaier haben das Eindringen des dorsalen Schenkels in die Fruchtschale nicht beobachtet. Dagegen erschien im Jahre 1876 eine Arbeit von Dickson[1]), der das Verhalten des äusseren Schenkels bei drei Species (Tropaeolum majus, Tr. peregrinum und Tr. speciosum) näher studierte. Er fand, dass der Schenkel bei Tr. speciosum sich direkt, wenn er aus der Samenschale heraustritt, in die Fruchtschale einbohrt; bei Tr. peregrinum läuft er gewöhnlich in der Fruchthöhle hinab, um schliesslich ebenfalls in die Fruchtschale einzudringen, während er bei Tr. majus wohl bis auf den Grund der Fruchthöhle vordringt, ohne aber gewöhnlich in die Fruchtschale einzutreten.

Dickson stimmt in dem letzten Punkte mit Wilson[2]) überein. Beide haben aber sicherlich nicht immer vollständig entwickelte Stadien des Schenkels von Tr. majus vor sich gehabt. In einem gewissen Stadium habe ich stets die Spitze des Schenkels in die Fruchtschale eingedrungen gefunden; so dass sich Tr. majus in Bezug auf den Verlauf des dorsalen Schenkels genau so verhält wie Tr. peregrinum.

[1]) Dickson, On the embryogeny of Tropaeolum peregrinum and Tr. speciosum. Transactions of the Royal society of Edinburgh. Vol XXVII. 1876. p. 223—231.

[2]) Wilson, On the Embryo of Tropaeolum majus. London journal of botany. 1843. vol. II. p. 623.

C. Der placentare Schenkel.

Über das Vordringen des placentaren Schenkels berichtet Schacht[1]: »Wenig später (nämlich als der dorsale) verlängert sich auch der andere Schenkel des oberen Teiles des besprochenen Zellenkörpers und tritt aus dem nunmehr verschwundenen inneren Knospenmund hervor; das sehr kurze innere Integument ist nämlich nach und nach durch Resorption verzehrt worden«. Hier irrt Schacht, denn das innere Integument verschwindet nicht. Der placentare Schenkel tritt also nicht durch die Mikropyle aus der Samenanlage heraus, wie bereits Hegelmaier nachgewiesen hat.

Aber auch Hegelmaiers Ansichten über die Entwickelung des placentaren Schenkels sind nicht ganz richtig. Er vergleicht ihn mit einem kurz geschnäbelten Vogelkopf; die abgerundete, von der Dermatogenschicht bedeckte Spitze drücke sich gegen die Wand des Embryosackes an und weite dessen Höhle an einer beschränkten Stelle aus, indem er sich in die durch ihren Druck entstehende Bucht einsenkt; dann aber bohre sich der Fortsatz unter stärkerem, mit Streckung seiner Zellen verbundenem Längenwachstum in das Placentargewebe ein und gelange in die Gegend, wo das in der Placenta aufsteigende Gefässbündel ziemlich plötzlich zum Hilus des Samens hin ausbiegt. Hier stecke er in einem Kanal, dessen Wandungen und Umgebung von einem mit Stärke strotzend gefüllten Gewebe gebildet werden. Seine äusserste Spitze scheine daselbst anzuwachsen, da sie beim Versuch, den Fortsatz unverletzt herauszuziehen, stets zurückgeblieben wäre.

[1] Schacht, a. a. O. p. 623.

Diese Angaben sind richtig für ein noch junges Stadium des placentaren Schenkels; doch habe ich dann stets bei einiger Vorsicht den Schenkel unverletzt herausziehen können. Hegelmaier hat aber ältere Stadien beschrieben, weil bei diesen die Spitze allerdings im Placentargewebe zurückbleibt, aber nicht, weil sie dem stärkehaltigen Gewebe angewachsen ist, sondern weil der Schenkel in das Gefässbündel eintritt und in demselben vordringt fast bis zum Eintritt des Gefässbündels in die Fruchtschale aus dem Fruchtstiel.

Dickson erwähnt in seiner bereits angeführten Arbeit, dass Wilson bei Tropaeolum majus das Vordringen des placentaren Schenkels längs des Gefässbündels beobachtet habe, eine Tatsache, die durch seine eigenen Untersuchungen bestätigt würde. Beider Beobachtungen sind nicht richtig, oder Dickson hat sich ungenau ausgedrückt. Der Schenkel verläuft nicht längs des Gefässbündels, sondern dringt direkt in das Gefässbündel ein und läuft innerhalb desselben hinab.

Da Hegelmaier[1]) diese Tatsache übersehen hat, so schreibt er dem placentaren Schenkel auch eine zu geringe Länge zu. »Die Länge, welche dieser placentare Fortsatz erreicht, ist eine viel geringere, weil nur mässiges Intercalarwachstum in ihm stattfindet«. Diese Behauptung ermangelt des Beweises; es ist nämlich gerade das Gegenteil der Fall. Die Anzahl der Zellen in den Längsreihen des placentaren Schenkels ist freilich bedeutend geringer als im dorsalen Fortsatz, dahingegen erfahren die Zellen an seiner Spitze, sobald dieselbe in das Gefässbündel eingedrungen

[1]) Hegelmaier, a. a. O. p. 162.

ist, eine ganz ausserordentliche Streckung, so dass dieser Schenkel etwa zwei Drittel Länge des äusseren, dorsalen erlangt.

Bei Schnitten, die durch junge Früchte gemacht wurden, in denen der placentare Schenkel das Gefässbündel noch nicht erreicht hatte, lagen die Gefässe nicht fest aneinander, vielmehr setzten sich stets Luftblasen zwischen die einzelnen Elemente, so dass dadurch dem Schenkel das Vordringen in demselben erleichtert wird. Dieselbe Beobachtung hat schon Kayser[1]) gemacht; er fand, dass sich während der Zeit, zu welcher der placentare Schenkel dem Gefässbündel sich nähert, ein Spalt bildet, der zum Teil das Bündel selbst durchsetzt. In diese Spalthöhle hinein ragen zahlreiche isolierte Tracheidenenden.

Ausserdem sendet das Gefässbündel an der Stelle, wo es nach der Samenschale hin umbiegt, einen sehr kurzen Seitenast ab, den der Schenkel zuerst erreicht. Innerhalb des Gefässbündels besteht der Schenkel zuerst noch aus drei bis vier nebeneinanderlaufenden, später aus zwei oder gar nur einer einzigen Zelle.

In Bezug auf die Art des Vordringens des placentaren Schenkels sind die Angaben von Schacht richtig, nach welchen der Schenkel das Gewebe resorbiert. Auch der placentare Schenkel hat ein typisches Absorptionsgewebe.

IV. Biologische Bedeutung des Schenkelsystems.

Es wird sich empfehlen, jeden der beiden Schenkel und den Embryoträger gesondert zu behandeln. Zwar

[1]) Kayser, a. a. O. p. 136.

dienen alle drei Gebilde zweifellos in ihrer Hauptfunktion der Nährstoffleitung, jedoch lässt sich unschwer in dem komplizierten Organ eine Arbeitsteilung konstatieren. Beide Schenkel nämlich haben teilweise verschiedene Stoffe aufzunehmen und zuzuleiten; der Embryoträger dagegen hat in erster Linie die gelieferten Stoffe an den Embryo abzugeben. Auch fällt ihm wenigstens in ganz jungen Stadien mechanische Funktion zu.

A. Der dorsale Schenkel.

Der äussere Schenkel durchbricht die Samenschale und läuft zwischen Frucht- und Samenschale herab, um schliesslich mehrere Millimeter tief in die Fruchtschale einzudringen. Von Anfang an hat der Schenkel die Aufgabe, dem jungen Embryo in seinem ersten Entwickelungsstadium gelöste Kohlehydrate zuzuführen.

Ich präparierte ganz junge, nur wenige Millimeter lange Schenkel heraus, wusch sie sorgfältig und prüpfte sie mit Fehlingscher Lösung. Es fand sich ein relativ starker Niederschlag von Kupferoxydul. Damit ist der Nachweis für die Funktion des dorsalen Schenkels als Nährstoffleiter erbracht.

Es fragt sich nun, woher und in welcher Weise dieser Schenkel die Kohlehydrate aufnimmt. Es muss als sicher gelten, dass der Schenkel, bevor er in die Fruchtschale eingedrungen ist, dieser das Kohlehydrat nicht entnimmt; denn einmal ist seine Berührung mit dem Endocarp nur gering und locker, und ferner ist in den Zellen des Perikarps zu dieser Zeit noch keine Stärke gespeichert.

Die genauere Prüfung des Verlaufs des dorsalen Schenkels ergibt nun die wichtige Tatsache, dass

dieser stets in einer Rinne der Samenschale herabsteigt. Wenn man den Samen aus der Fruchtschale herauspräpariert, so bleibt der Schenkel fest an der Samenschale haften. Hebt man ihn vorsichtig mit einer Nadel ab, so bemerkt man deutlich, wie innig er mit der Samenschale verbunden ist, ohne jedoch mit ihr verwachsen zu sein. Schon makroskopisch zeichnet sich die Rinne vor der übrigen Oberfläche der Samenschale aus. Während diese ein milchiges Aussehen besitzt, erscheint die Rinne wasserhell. Meist ist der Schenkel zur Hälfte seines Umfanges in die Samenschale eingesenkt. Die ihm anliegenden Zellen der Samenschale sind zusammengedrückt, und zwar macht sich der Druck bis zur dritten oder vierten Zellschicht bemerkbar. Starke Veränderungen oder Corrosionen der Stärkekörner in diesen Zellen lassen sich nicht beobachten; doch erschienen die wenigen Zellen der Umgebung der Rinne weniger inhaltsreich als die übrigen Zellen der Samenschale. Da aber Kohlehydrate zu dieser Zeit noch in der Samenschale gespeichert werden, so ist es klar, dass sich in jeder Zelle der Samenschale gelöste Kohlehydrate vorfinden.

Wenn der Schenkel in die Fruchtschale eingedrungen ist, dürfte auch die Ausscheidung von Diastase durch ihn beginnen. Von den Stärkekörnern, die dem Schenkel fest ansassen und beim Herauspräparieren haften geblieben waren, erschien der grösste Teil corrodiert. Alle Versuche aber, das Enzym auch ausserhalb des Samens wirken zu lassen, scheiterten, da es nicht gelingen wollte, die Präparate vollständig bakterienfrei zu erhalten, ohne die lebenden Zellen des Schenkels abzutöten.

Obwohl es also nicht möglich war, Enzyme aus dem Schenkel zu isolieren, muss dennoch angenommen werden, dass zwei ihrer Wirkung nach verschiedene Stoffe vorhanden sind. Das zellhautlösende Enzym vermag ja Stärkekörner nicht zu corrodieren, ebensowenig kann Diastase die Zellhaut auflösen. Da aber beide Wirkungen vorhanden sind, muss angenommen werden, dass zwei verschiedene Enzyme vom äusseren Schenkel ausgeschieden werden.

Kurz bevor der dorsale Schenkel abstirbt, wenn also seine Funktion als Nährstoffleiter aufhört, fanden sich meist in allen seinen Zellen sehr kleine Stärkekörner. Offenbar ist der überschüssige Traubenzucker wieder in Stärke umgesetzt worden. Da sich diese Körner mit Jod rot färbten, so scheinen sie aus Amylodextrin zu bestehen. In noch späteren Stadien, wenn der Schenkel bereits abgestorben war, waren auch sie natürlich verschwunden.

B. Der placentare Schenkel.

Der placentare Schenkel durchbohrt bei seinem Vordringen in die Placenta zunächst ein Gewebe, das reich an Stärke ist; dieser Zellkomplex besitzt auf dem Längsschnitt die Gestalt eines stumpfen Keiles. Die Stärke dieses Gewebes wird vom Schenkel nach und nach vollständig aufgelöst und dem jungen Embryo zugeleitet

Die hier liegenden Stärkekörner zeichnen sich vor der Reservestärke der Fruchtschale dadurch aus, dass sie sich mit Jod nicht blau, sondern rötlich färben. Pfeffer[1]) sagt hierüber:

[1]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. I. Bd. Leipzig 1897. p. 472.

»Die gewöhnliche, mit Jod sich bläuende Stärke besteht nach A. Meyer vorwiegend oder ganz aus Amylose, während die vereinzelt vorkommende, mit Jod sich rotfärbende Stärke vorwiegend Amylodextrin und wohl auch andere Dextrine enthält. Da diese Verbindungen bei der Diastase als Zwischenprodukte entstehen, so kann man die sich rötende Stärke als partiell umgewandelte normale Stärkekörner betrachten«.

Es handelt sich also in dem erwähnten Gewebekomplex nach der typischen Rotfärbung um partiell aufgelöste Stärke. Ein weiterer Beweis dafür ist das allmähliche Schwinden dieser Stärke. In älteren Stadien fand sich an dieser Stelle überhaupt keine Stärke mehr.

Direkt an dieses stärkehaltige Gewebe stossen die Spitzen der beiden Integumente, die nach der Placenta hin reich mit Proteinstoffen angefüllt sind. Sie scheinen dem Schenkelknoten die ersten zu seiner Entwickelung nötigen Eiweissstoffe zu liefern, ähnlich wie die Stärke im oberen Teile des inneren Integumentes. In ganz jungen Stadien nämlich, wenn der dorsale Schenkel die Samenschale noch nicht durchbrochen hat, oder eben im Begriff ist, es zu tun, sind in dem oberen Teile der Samenschale, dem Halse gleichsam der Samenanlage, die innersten Zellschichten teilweise mit winzig kleinen Stärkekörnern angefüllt, die sich mit Jod nur sehr schwach rötlich färben. Sie liefern dem Schenkelsystem mit dem ganz jungen, noch undifferenzierten Embryo die ersten zum Aufbau nötigen Kohlehydrate.

Sobald der placentare Schenkel das Nährgewebe durchbrochen hat, stösst er auf den kurzen Seitenast des placentaren Gefässbündels und gelangt mit diesem

zu dem Hauptstrange des Gefässbündels, da, wose etwa um 90° nach der Samenschale hin umbiegt.

Es leuchtet ein, dass der placentare Schenkel ausser der Zuleitung von Kohlehydraten wohl noch eine andere Funktion besitzt. Dafür spricht nicht nur das Eindringen des Schenkels in das Gefässbündel, sondern besonders noch der enge und innige Anschluss seiner Zellen an die leitenden Elemente des Stranges, namentlich an die wasserleitenden Tracheen. Von diesem Gesichtspunkte aus wird man dem placentaren Schenkel wohl die Funktion zuschreiben müssen, den jungen, in Entwickelung begriffenen Embryo mit Stoffen zu versehen, die durch das Gefässbündel geleitet werden.

Im übrigen sei hier besonders hervorgehoben, dass die Spitze des placentaren Schenkels von einem ganz typischen Absorptionsgewebe gebildet wird, das in die vollkommenste Analogie tritt mit den schlauchartig gestreckten Zellen des Saugfortsatzes am Haustorium von Cuscuta z. B. oder anderen Parasiten.

C. Der Embryoträger.

Der Embryoträger ist ein verhältnismässig langer Faden, der sich vor den beiden seitlichen Schenkeln durch die geringe Anzahl von Zellenlängsreihen auszeichnet; er besitzt deren nur 3 bis 4, während der dorsale Schenkel bis 25 Längsreihen zeigt. Beim placentaren Schenkel nimmt die Zahl der Längsreihen nach der Spitze hin ab, doch beträgt sie fast bis zum Gefässbündel der Placenta hin etwa 10, um sich dann allmählich zu vermindern.

Man könnte von vornherein vermuten, dass der Träger kräftiger gebaut sein müsste als jeder seiner

beiden Schenkel, da einmal an seiner Spitze der junge Embryo sitzt, dem Träger also vielleicht auch mechanische Funktionen zukommen, andererseits er aber die Summe der Stoffe, die beide Schenkel dem Embryo zuleiten, dem Embryo selbst zuzuführen hat. Nun ist aber die mechanische Funktion eine ziemlich unbedeutende, zudem ist der Embryo, solange er getragen werden muss, noch sehr klein. Wenn er bedeutend an Volumen zunimmt, legen sich beide Cotyledonen fest an die Wand des Embryosackes, womit der Träger seine mechanische Funktion vollständig verliert.

Wenn man annimmt, die Menge der überzuleitenden Stoffe sei simultan eine sehr bedeutende, selbst dann vermag der Embryoträger seine Aufgabe vollständig zu erfüllen, weil die Innenwände seiner Zellen mit relativ grossen Tüpfeln versehen sind. Die Wanderung der Stoffe von Zelle zu Zelle wird demnach eine bedeutend leichtere und schnellere sein, als in jedem der beiden Schenkel, bei denen Tüpfel gänzlich fehlen.

Fast alle Forscher, die sich mit der Embryologie von Tropaeolum majus beschäftigten, haben den eigenartigen Bau des Trägerendes bemerkt, besonders seinen Zusammenhang mit dem Embryo selbst. Das Ende des Trägerfadens besteht aus einer grossen Zahl länglicher, abgerundeter Zellen und erweckt den Anschein, als ob an dieser Stelle durch eine Wucherung der Zellen eine Verdickung eingetreten wäre. Dieser Körper ist aber nicht solide, sondern erscheint glockenförmig hohl, etwa ähnlich einer Papiermanchette geformt. Er umfasst die konische Spitze der Radicula.

Dieser eigenartige Bau des Trägerendes steht zweifellos in Beziehung zu der aussergewöhnlichen

Ernährung des Embryos, die Dickson[1]) zu dem Vergleich des Schenkelsystems mit dem Nabelstrang eines tierischen Embryos veranlasste, da ja in der Tat eine Zeitlang dem jungen Embryo von Tropaeolum die wichtigsten Nährstoffe zum Aufbau seines Körpers durch den Embryoträger zugeleitet werden.

In der neuesten Zeit hat sich Brunotte[2]) gerade mit dem Zusammenhang des Embryoträgers mit dem Embryo eingehend beschäftigt. Er sucht nachzuweisen, dass die Radicula des Embryos mit ihrer Wurzelhaube nicht unmittelbar mit dem glockenförmigen Ende des Trägers zusammenhängt, sondern dass zwischen beiden ein Gewebe gebildet wird, das er »la double coiffe«, die zweite Wurzelhaube, oder »la gaine surnuméraire«, die überzählige Wurzelscheide, nennt. Er beschreibt diese zweite Wurzelhaube folgendermassen.

Die eigentliche Wurzelhaube, die schon ziemlich frühzeitig ausgebildet ist, besteht aus mehreren Zellreihen. Sie umgiebt die Spitze der Radicula auf allen Seiten, nimmt aber nach den Seiten bedeutend ab. Über dieser eigentlichen Wurzelhaube liegt nun, gleichsam wie eine zweite Wurzelhaube, die Wurzelscheide. Sie bedeckt fast die ganze Länge der Wurzel und besteht an ihrer Spitze aus 10 bis 15 Zellreihen. Die einzelnen Zellen sind grösser als die der eigentlichen Wurzelhaube. An geeigneten Längsschnitten lässt sich die Stelle leicht erkennen, wo diese Wurzelscheide auf der Radicula endigt. Mit der überzähligen Wurzelscheide steht dann der Träger-

[1]) Dickson, a. a. O. p. 230.
[2]) Brunotte, a. a. O. p. 141.

faden durch seine äusserste Zellschicht, welche während der Entwickelung des Embryos der Sitz einer knospenartigen Anschwellung war, direkt in Verbindung. Die knospenartige Anschwellung aber war, wie Brunotte annimmt, dazu bestimmt, die überzählige Wurzelscheide über der eigentlichen Wurzelhaube zu bilden.

Ich habe zwar Brunottes Untersuchungen nicht genauer geprüft, weil eine solche eingehende Behandlung dieses Punktes nicht meine Aufgabe war, doch halte ich das Vorhandensein einer »doppelten« Wurzelhaube für zweifelhaft.

Bei einem Längsschnitt durch die Wurzel einer reifen Frucht sieht man die Spitze der Radicula von einer allerdings sehr kräftig entwickelten Wurzelhaube bedeckt, die aus dem Dermatogen durch tangentiale Teilungen hervorgeht. Unmittelbar an diese Wurzelhaube grenzt das traubenförmige Trägerende.

Es liegt meiner Auffassung nach durchaus keine Veranlassung vor, hier eine Trennung der einen Wurzelhaube in zwei anzunehmen, von denen die eigentliche Haube der Wurzel angehört, die überzählige aber aus dem Trägerende entstanden sein soll.

Aus Brunottes Beschreibung geht hervor, dass sich Wurzelhaube und Wurzelscheide durch die Grösse ihrer Zellen unterscheiden sollen, indem das Gewebe der Wurzelscheide grössere Zellen aufweist, als die eigentliche Wurzelhaube. Es entspricht aber durchaus dem gewöhnlichen Verhalten einer Wurzelhaube, dass die Zellen der älteren äusseren Zellschichten grösser sind als die jüngsten, die sich eben erst durch Teilung gebildet haben.

Brunotte behauptet zwar, ältere Stadien des Embryos seien ungeeignet zum Studium der über-

zähligen Wurzelscheide. Das kann nur insofern richtig sein, weil man an solchen ihre Entwickelung nicht verfolgen kann. Wenn sie überhaupt in die Erscheinung getreten ist, kann sie nicht mehr verschwinden, zumal da das Trägerende auch bei einer reifen Frucht völlig intakt erhalten bleibt. An reifen Früchten aber ist eine Differenzierung in Wurzelhaube und Wurzelscheide absolut nicht wahrzunehmen.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass ich die eingetragenen Konturen in Brunottes Reproduktion einer Photographie eines Schnittes, der Figur 9 Tafel XI, für willkürlich halte, da dieselben nicht den Grenzen der einzelnen Organe entsprechen.

V. Zusammenfassung der Ergebnisse.

A. Die bisherigen Ansichten.

Einer der ersten, der sich über die Bedeutung der Schenkel für den Embryo von Tropaeolum majus geäussert hat, war Hermann Schacht[1]). »Man kann nun annehmen, dass diese Verlängerungen des Embryoträgers dazu dienen, um der Keimanlage noch von ausserhalb der Samenknospe her Nahrung zu verschaffen . . .« Er kommt aber durch den Vergleich mit den Zellenstielen der Embryonen von Orchideen u. a. zu dem Schluss, dass die Funktion doch zweifelhaft sei. »Der Zweck einer solchen (Verlängerung des Embryoträgers nach aussen) oder richtiger die Bedeutung derselben für den Keim bleibt deshalb zweifelhaft.« Diese Worte sind

[1]) Hermann Schacht, a. a. O. p. 643.

Schachts letzter Arbeit über Tropaeolum aus dem Jahre 1855 entnommen.

Hegelmeier[1]) und Dickson[2]) lesen aus der oben angeführten Bemerkung heraus, dass Schacht für beide Schenkel den Zweck der Zuleitung von Nährstoffen annimmt. Diese Behauptung sucht Hegelmaier zu widerlegen, indem er ausführt, dass der dorsale Schenkel einerseits auf dem Wege, auf welchem er das Integumentgewebe durchsetze, wenig zur Aufnahme geeignete Substanzen finde, andererseits sein eigenes Gewebe und seine Oberfläche, aus sich schnell streckenden Zellen bestehend, einer solchen Verrichtung wenig günstig sei. Dagegen ist Hegelmaier fest überzeugt, dass der dorsale Schenkel keinen anderen Zweck habe, als in Verbindung mit dem placentaren, den an einem dünnen, langen Stiel in der weiten Keimsackhöhle freihängenden Keimanfang in dieser Lage zu fixieren.

Diese Auffassung Hegelmaiers ist nicht richtig. Er giebt zu, dass der placentare Schenkel so fest im Gewebe sitzt, dass seine Spitze beim Herausziehen stets darin stecken bleibt. Er hat also ohne den dorsalen Schenkel vollständig zur Befestigung genügt. Eine solche aber ist überhaupt nicht nötig, denn der Hals des Embryosackes ist eng und ausgebuchtet; es bleibt also dem Träger ziemlich wenig Bewegungsfreiheit. Dazu kommt, dass der Embryosack mit einer ziemlich dicken Flüssigkeit erfüllt ist, die ebenfalls dem Embryo wenig Bewegung gestattet. In sehr kurzer Zeit vergrössern sich die Cotyledonen und legen sich eng an die Innenwand

[1]) Hegelmaier, a. a. O. p. 162.
[2]) Dickson, a. a. O. . 229.

der Samenschale, während der äussere Schenkel noch immer weiter vordringt. Dass ferner der dorsale Schenkel genügend Kohlehydrate vorfindet, schon bei seinem Verlauf längs der Samenschale, habe ich oben nachgewiesen. Ausserdem ist gerade die Spitze des Schenkels ein typisches Absorptionsgewebe.

Alle diese Tatsachen widersprechen der Hegelmaierschen Auffassung. Nur von dem placentaren Schenkel glaubt Hegelmaier,[1]) dass er ausser der Befestigung der Nährstoffleitung diene, weil er kürzer sei und in einem reichlich stärkehaltigem Gewebe stecke.

Dickson[2]) ist überzeugt von der Funktion des äusseren Schenkels als Nährstoffleiter, doch führt er nur einen einzigen, wenig stichhaltigen Grund dafür an. Er fand einen abnormen Fall, wo der Schenkel im Embryosacke geblieben war. Die tatsächliche Verkümmerung des Embryos hält er für eine Folge davon.

Auch Kayser beschränkt sich darauf, die Dicksonsche Ansicht zu bestätigen.

Eine bestimmte Äusserung über die Funktion der beiden Schenkel tut Brunotte;[3]) »— le suspenseur est en relation avec deux prolongements qui, au lieu de rester dans le sac, en percent la paroi et vont chercher leur nourriture dans les tissus avoisinants. Les deux appendices extérieurs au sac embryonaire doivent constituer pour l'embryon de vrais appendices nourriciers. Avant la maturité de la graine, ils fournissent au suspenseur, resté dans le sac, les

[1]) Hegelmaier, a. a. O. p. 162.
[2]) Dickson, a. a. O. p. 230.
[3]) Brunotte, a. a. O. p. 155.

éléments nutritifs nécessaires à la formation des cellules qui constituent le tissu de renforcements de la racine primaire . . . ».

Brunotte hat die Funktion also richtig erkannt und sie als Tatsache hingestellt, doch beschränkt er sich ebenfalls auf die blosse Behauptung derselben, ohne zugleich genauere Untersuchungen anzustellen und damit den Beweis für seine Angaben anzutreten.

B. Deutung der Befunde.

Der Embryo von Tropaeolum majus erreicht eine relativ recht beträchtliche Grösse. Dadurch wird eine bedeutende Speicherung von Nährstoffen in Frucht- und Samenschale bedingt. Die ersten Nährstoffe erhält der Embryo, da nur ganz wenig Endosperm gebildet wird, durch Resorption des Zellinhalts der Samenschale. Auch diese ist in der Jugend strotzend mit Nährstoffen erfüllt, die später verschwinden. Vielleicht war gerade die bedeutende Menge der anzuhäufenden plastischen Stoffe der Grund dafür, dass dieselben nach ihrer chemischen Natur getrennt wurden, und zwar in zwei verschiedene Lagen der Samenschale, in eine innere mit Proteinstoffen und in eine äussere mit Kohlehydraten.

Diese Differenzierung des Zellinhaltes in der Samenschale entspricht, rein anatomisch genommen, dem Bau der Grasfrucht insofern, als hier ausserhalb der Stärkeschichten des Endosperms die mit Aleuronkörnern erfüllte Kleberschicht liegt, und man könnte geneigt sein, auch für die mit Proteinstoffen erfüllten Zellkomplexe von Tropaeolum eine ähnliche Funktion »von Verdauungsdrüsen« anzunehmen, wie sie Haber-

landt[1]) nach den verangegangenen Untersuchungen von Tangl der Kleberschicht zuschreibt. Aber bei Tropaeolum findet in der Tat sehr frühzeitig eine vollständige Resorption der proteinhaltigen Zellschichten statt, lange bevor die Stärkeschichten angegriffen werden. Daraus erhellt, dass die inneren Lagen der Samenschale eben ein Speichergewebe sind und nicht dem Secretionssystem angehören können.

Es ist nun erforderlich, solange dem Embryo nur Proteinstoffe zur Verfügung stehen, ihm auf andre Weise Kohlehydrate zuzuführen. Die äussere stärkehaltige Schicht der Samenschale ist aber von der direkten Verbindung mit dem Embryo abgeschnitten. Der Weg, den die Kohlehydrate durch Diosmose zurückzulegen hätten, um von der Fruchtschale durch den oberen Teil der Samenschale zum Embryo zu gelangen oder von der äusseren Schicht der Samenschale, wäre viel zu weit. Auch spricht der anatomische Bau des dort liegenden Gewebes nicht für eine rasch erfolgende Stoffwanderung.

So erscheint es also notwendig, eine Leitung herzustellen, vermittels deren dem jungen Embryo in den ersten Entwickelungsstadien soviel Kohlehydrate zugeführt werden, als derselbe zum Aufbau nötig hat.

Zweifellos bedurfte der junge Embryo in der ziemlich grossen Keimhöhle eines Suspensors, um, solange er noch sehr klein ist, in einer bestimmten Lage innerhalb des Embryosackes fixiert zu werden. Durch den Suspensor aber war ein Teil der Nährstoffleitung bestimmt. Es kommt überhaupt selten

[1]) Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie. 2. Auflage. Leipzig 1896. p. 428.

vor, dass der Embryoträger nur mechanische Funktion verrichtet, fast immer dient er zugleich als Nährstoffleiter. Eine solche Ausnahme bildet nach Treub[1]) der Suspensor von Sobralia macrantha, wo allem Anschein nach eine andere als die mechanische Funktion nicht vorhanden ist.

Der Suspensor von Tropaeolum majus mit seinen zartwandigen, langgestreckten Zellen ist in der obersten Spitze des Keimsackes angewachsen. Von hier aus ging also die Weiterbildung des Leitungssystems vor sich.

Zwei Wege waren möglich; einmal, einen Arm nach der äusseren Schicht der Samenschale zu senden, um von hier Kohlehydrate herbeizuschaffen, andererseits, die Kohlehydrate der Fruchtschale durch einen dorthin entsandten Arm dem Embryo zugänglich zu machen. Es geschieht beides; es wird der dorsale Schenkel gebildet, der aus der Samenschale heraustritt und sich innig an sie anschmiegt, um ihr Kohlehydrate zu entnehmen. In die Fruchtschale dringt der placentare Schenkel ein, der bald ein reichlich stärkehaltiges Gewebe erreicht.

Schliesslich erfolgt auch ein inniger Anschluss des placentaren Schenkels an das Gefässbündel.

Da nun dem Gewebe, dem der placentare Schenkel die Kohlehydrate entnimmt, die Stärke bald entzogen ist, das Bedürfnis des jungen Embryos aber nach Kohlehydraten bei der bedeutenden Grössen-

[1]) Treub, Notes sur l'embryogénie de quelques Orchidées. Amsterdam 1879. p. 43: »Il ne me semble pas, qu'on puisse assigner ici au suspenseur un rôle important dans la nutrition de l'embryon. Il me parût beaucoup plus probable que l'embryon absorbe sur toute sa surface les substances nutritives du sac embryonaire; l'embryon n'est recouvert que d'une mince cuticule«.

zunahme um so grösser geworden ist, so scheint der dorsale Schenkel seiner Aufgabe, solange ihm nur die gelösten Kohlehydrate der Samenschale zur Verfügung stehen, nicht mehr gewachsen zu sein. Inzwischen sind in der Fruchtschale schon ganz bedeutende Mengen von Stärke gespeichert. Auf diese Weise erscheint das schliessliche Eindringen des dorsalen Schenkels in die Fruchtschale erklärlich.

Mittlerweile haben sich die Cotyledonen bedeutend vergrössert, sie haben sich eng an die innere Wand der Samenschale angelegt und resorbieren nach und nach die 6 bis 8 Zelllagen, die mit Proteinstoffen erfüllt sind. Dann erreichen sie die stärkehaltige Schicht mit dem Gefässbündel. Von nun an sind die Cotyledonen also in der Lage, aus der stärkehaltigen Schicht der Samenschale Kohlehydrate direkt aufzunehmen. In Übereinstimmung hiermit steht die Tatsache, dass die Stärke aus der Samenschale zuletzt verschwindet.

Von diesem Augenblick an wird das ganze komplizierte Leitungssystem überflüssig. Nach und nach degeneriert der Inhalt, die Zellwände schrumpfen, der dorsale Schenkel ist abgestorben.

Ähnlich ergeht es dem placentaren Schenkel. Auch seine Funktion erlischt, sobald der Embryo das Gefässbündel erreicht hat. Er beginnt ebenfalls abzusterben. Nach einiger Zeit sieht man nur noch spärliche Reste, bis er schliesslich ganz verschwindet.

C. Analogien.

Tropaeolum steht mit der eigenartigen Entwickelung des Embryos in morphologischer wie in biologischer Beziehung einzig da. Als dem Schenkelsystem analoge Gebilde könnte man vielleicht die

Suspensoren oder Zellenstiele der Orchideen betrachten; doch sind dieselben von weit einfacherem Bau, da sie meist aus einer beschränkten Zahl von Zellen bestehen; ihre Funktion aber ist eine ähnliche wie die des Schenkelsystems von Tropaeolum majus. Wir verdanken Treub[1]) eingehende Untersuchungen über die Entwickelung der Embryonen von einer ganzen Zahl von Orchideen. Vor allen Dingen hat Treub im Gegensatz zu anderen Autoren die Biologie der Zellenstiele besonders betont.

Wie schon erwähnt wurde, verhalten sich die Suspensoren der Orchideen in morphologischer Beziehung ganz anders als das Schenkelsystem von Tropaeolum. Bei Orchis latifolia, maculata, Anacamptis pyramidalis, Herminium Monorchis, Platanthera bifolia und Serapias Lingua bildet der Suspensor einen einfachen, mehrzelligen Zellenstiel, der aus der Mikropyle heraustritt und sich an den Funiculus und die Placenta anlegt. Bei anderen Orchideen tritt der Suspensor nicht aus der Mikropyle heraus; bei Goodyera discolor und Phajus Wallichii bleibt der Zellenstiel sogar einzellig, erreicht aber dabei eine beträchtliche Länge. Ganz abweichend in ihrem Bau sind die Zellenstiele von Phalaenopsis grandiflora, Schilleriana, einer nicht näher bestimmten Phalaenopsis-Art und Vanda tricolor. Es sind, wie Treub sie nennt, darmähnliche Gebilde, die den cuticularisierten Embryo auf allen Seiten umgeben. Einzelnen Orchideen, so Listera ovata, Epipactis palustris, latifolia und Cypripedilum spectabile fehlt der Suspensor ganz.

---

[1]) Treub, Notes sur l'embryogénie de quelques Orchideés. Amsterdam 1879.

In biologischer Beziehung leisten diese Zellenstiele ähnliches wie die Schenkel von Tropaeolum majus. Da der Embryo cuticularisiert ist, vermag er selbst Nährstoffe nicht zu absorbieren. Die nicht cuticularisierten Zellengewebe, die häufig ein typisches Absorptionsgewebe besitzen, übernehmen die Aufgabe, den Embryo mit Nährstoffen zu versorgen. Bei den Orchideen, wo der Zellenstiel aus der Mikropyle hervortritt, legt er sich eng an Funiculus und Placenta an und entnimmt diesen Kohlehydrate.

Hiermit kommen wir also zu dem Schluss, dass zwischen Orchideen und Tropaeolum eine weitgehende Analogie herrscht. Obwohl der Bau der Orchideen-Suspensoren vollständig von dem des Schenkelsystems von Tropaeolum abweicht, und obwohl die Ursache ihrer physiologischen Entwickelung eine ganz andere ist, trotzdem haben diese Zellenstiele die gleiche Funktion wie das Schenkelsystem von Tropaeolum majus.

Lebenslauf.

Ich, Johann Wilhelm Leidicke, evangelischer Konfession, Sohn des 1879 verstorbenen Gutsbesitzers Johann Wilhelm Leidicke und seiner Frau Wilhelmine, geb. Perlewitz, wurde am 9. Juli 1877 zu Gohlitz, Kreis West-Sternberg (Brandenburg), geboren. Meinen ersten Unterricht erhielt ich in der Elementarschule meines Heimatortes vom Oktober 1882 bis Ostern 1888. Dann besuchte ich bis Ostern 1889 die Bürgerschule zu Frankfurt a. O., worauf ich in die Sexta des Realgymnasiums daselbst aufgenommen wurde. Johannis 1891 ging ich über in die Untertertia des Königl. Friedrichs-Gymnasiums zu Frankfurt a. O., das ich Ostern 1898 mit dem Zeugnis der Reife verliess, um in Heidelberg Rechtswissenschaft zu studieren

Im Oktober 1898 gab ich das juristische Studium auf und ging nach Berlin, um medizinische und naturwissenschaftliche Studien zu treiben.

Im Sommersemester 1899 studierte ich in Genf im Oktober 1899 kam ich nach Breslau, wo ich im Mai 1901 endgültig zum philosophischen Studium überging, um mich im besonderen der Botanik zu widmen.

In Heidelberg besuchte ich die Vorlesungen bezw. praktischen Übungen der Herren Professoren: Becker, Jellinek, Koch; in Berlin: Waldeyer, Fischer, Hans Virchow, Warburg, Blasius; in Genf: Chodat, Graebe, Bedot, Mercier, Thudichum, Bally; in Breslau: Baumgartner, Brefeld, Ebbinghaus, Hasse, Hintze, Hürthle, Kükenthal, O. E. Meyer, Pax, Weberbauer.

Ihnen allen spreche ich meinen herzlichsten Dank aus.

Vorliegende Arbeit wurde im hiesigen Botanischen Institut unter Anleitung von Herrn Prof. Dr. F. Pax angefertigt.

Ich ergreife zugleich die Gelegenheit, an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. F. Pax, meinen aufrichtigsten Dank für das Wohlwollen und das Interesse, das er mir während meines Studiums zu teil werden liess, auszudrücken.

Gleichzeitig danke ich Herrn Dr. Grosser, Assistenten am Königl. Botanischen Garten, für die grosse Bereitwilligkeit, mit der er mich bei meinen Arbeiten unterstützt hat.

Thesen.

1. Die sogenannten Mikrosporen der Sphagnaceen sind Fremdkörper und zwar Pilzsporen.
2. Die Lemnaceen sind aus der Reihe der Spathifloren zu entfernen und zu isolieren.
3. Sämtliche Kalifeldspäthe gehören dem asymmetrischen Krystallsystem an.